

TINJAUAN SIFAT HIDROFOBİK BAHAN ISOLASI SILICONE RUBBER

Nurhening Yuniarti, A.N. Afandi

Abstrak : Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui sifat hidrofobik bahan isolasi silicone rubber yang diberi bahan pengisi berupa ATH. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penuaan dipercepat dalam kondisi basah. Sebelum dilakukan pengujian, bahan isolasi disemprot dengan polutan kemudian diberi perlakuan UV selama 0-96 jam. Langkah selanjutnya adalah dilakukan pengujian sifat hidrofobik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Prosentase filler mempunyai pengaruh terhadap penurunan sudut kontak hidrofobik, hal ini disebabkan karena bahan dasar silicone rubber mempunyai sifat tolak air yang lebih baik dibandingkan dengan bahan pengisinya yang berupa ATH, (2) Lamanya penyinaran UV akan mempengaruhi besarnya sudut kontak hidrofobik, hal ini disebabkan oleh pengaruh sinar ultraviolet yang menyebabkan bertambahnya kemampuan permukaan bahan isolator untuk menolak air dan menahan tegangan, (3) Silicone rubber sangat sesuai digunakan sebagai bahan isolasi pasangan luar.

Kata kunci: isolasi, silicone rubber, hidrofobik

Isolator merupakan salah satu peralatan listrik yang berfungsi memisahkan secara elektrik dua buah penghantar atau lebih sehingga tidak menimbulkan kebocoran arus atau gradien tinggi berupa lompatan api (flashover). Dilihat dari fungsinya isolator mempunyai fungsi sebagai penyangga (*solid support*), pengisi (*filling media*) dan penutup (*covering material*).

Kegagalan kerja isolator yang digunakan pada saluran udara (*over head line*) banyak disebabkan karena peristiwa kontaminasi yang berasal dari lingkungan misalnya perubahan suhu, iklim, radiasi sinar matahari kelembaban udara, garam dan debu pasir pantai. Pada kondisi lingkungan dengan polusi yang tinggi dan kelembaban yang tinggi, lapisan polutan yang menempel pada permukaan terjadi pembasahan (*wetting*) sehingga arus bocor yang mengalir dapat menyebabkan pemanasan polutan pada lapisan. Lapisan ini dapat membentuk pita kering (*dry band*) akibat dialiri arus bocor yang terus menerus. Kondisi pada tegangan tertentu dapat menyebabkan pelepasan

muatan melintasi pita kering. Busur pelepasan muatan dapat memanjang sehingga terjadi flashover yang melalui seluruh permukaan isolator (Latif et al., 2005). Jika peristiwa kontaminasi ini tidak diatasi, maka terjadi penumpukan partikel-partikel sehingga arus bocor (*leakage current*) dapat mengalir pada permukaan isolator. Hal ini akan mengganggu penyaluran daya listrik sehingga keandalan sistem tenaga listrik tidak akan sesuai yang diharapkan.

Isolator pasangan luar terutama pada daerah tropis akan terkena kondisi iklim yang berbahaya yaitu mengalami penyinaran ultraviolet yang cukup lama yaitu selama 12 jam sehari, kelembaban yang tinggi di malam hari dan awal pagi hari serta temperatur yang lebih besar dari 16°C (Suwarno et al., 1998). Kondisi tersebut dapat menimbulkan penuaan pada isolator sehingga dapat mengurangi unjuk kerja isolator tersebut. Menurut Cherney (1981), penyebab utama penuaan (*aging*) pada isolator terutama isolator non keramik adalah radiasi sinar ultraviolet (UV).

Isolator dalam sistem tenaga listrik

Isolator merupakan salah satu peralatan listrik yang berfungsi memisahkan secara elektris dua buah penghantar atau lebih sehingga tidak menimbulkan kebocoran arus atau gradien tinggi berupa lompatan api (flashover).

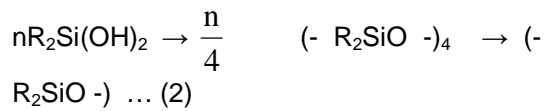
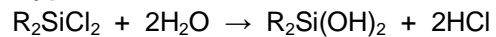
Silicone rubber sebagai salah satu bahan polimer

Silicone rubber merupakan bahan polimer yang tersusun dari monomer-monomer *cilcicsiloxane* yang membentuk *polydimethylsiloxane*. Secara kimia dituliskan dengan rumus $[\text{CH}_3\text{SiO}]_n$. Berdasarkan rumus kimia tersebut dapat terlihat pengulangan monomernya yang dinyatakan dengan derajat polimerisasi (n). Karet silikon memiliki berat molekul yang tinggi dan memiliki derajat polimerisasi antara 4.000 sampai 10.000. Satu atom silikon diperoleh dengan cara mereduksi SiO_2 dengan karbon melalui peristiwa pemanasan listrik. Reaksi reduksi tersebut adalah sebagai berikut:



Sedangkan untuk menggabungkan silikon dengan methyl (CH_3) dilakukan dengan cara mereaksikan dengan methyl chlorida (CH_3SiCl_2). Selanjutnya dengan penguraian diperoleh dimethylchlorosilane (CH_2SiCl_2) atau methylchlorosilane. Kemudian dilakukan hidrolisis sampai dihasilkan silanol, dengan demikian unsur dasar penyusun silicone rubber sudah didapatkan. Melalui proses *polycondensation* dari unsur silanol maka akan terbentuk silicone rubber. Reaksi kimia dari proses pembentukan silicone rubber dapat

dilihat pada persamaan reaksi berikut ini:



Jika dilihat dari sifatnya, silicon rubber mempunyai sifat tolak air (hydrophobicity) yang tinggi, bahkan mampu memindahkan sifat hidrofobiknya ke lapisan polutan sehingga polutan ikut bersifat hidrofobik. Dalam keadaan basah atau lembab tidak akan terbentuk lapisan air yang kontinyu, sehingga permukaan isolator tetap memiliki konduktivitas yang rendah, akibatnya arus bocor sangat kecil. Kelebihan lain yang dimiliki oleh karet silikon adalah mempunyai sifat dielektrik yang sangat baik, ringan, tahan gempa, serta mudah dalam penanganan dan pemasangannya.

Karet silikon merupakan bahan isolasi yang tahan terhadap suhu tinggi. Secara garis besar karet silikon dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

1. High Temperatur Vulcanizing (HTV).

Bahan ini dapat digunakan pada suhu $55^\circ\text{C} - 200^\circ\text{C}$, biasanya digunakan untuk isolasi kabel dan bahan isolator tegangan tinggi. Sifat yang dimiliki karet silikon jenis HTV ini adalah tahan terhadap alkohol, garam dan minyak, memiliki tahanan yang baik terhadap ozon, korona dan air.

2. Room Temperatur Vulcanizing (RTV).

Bahan ini dibuat pada suhu $25^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}$ dan biasanya digunakan untuk melapisi isolator keramik

Bahan pengisi

Penggunaan bahan pengisi pada suatu produk tuangan mengandung dua tujuan yaitu secara teknis dan secara ekonomis. Secara teknis, penggunaan bahan pengisi dimaksudkan sebagai upaya untuk memodifikasi kinerja polimer tersebut seperti untuk meningkatkan sifat mekanis, meningkatkan konduktivitas termal, menurunkan ekspansi termal dan untuk menurunkan tingkat absorpsi air (Kahar, 1998)

Kontaminasi pada permukaan isolator

Kontaminasi yang terjadi pada permukaan isolator akan mengakibatkan melemahnya kemampuan mekanik dan kemampuan elektrik isolator tersebut. Tinggi rendahnya tingkat kontaminasi juga tergantung oleh konstruksi atau bentuk dari isolator dan kondisi lingkungan setempat.

Peristiwa kontaminasi dapat berakibat menurunnya kemampuan isolator untuk menahan tegangan flashover, disamping itu dapat menyebabkan hilangnya sifat hidrofobik khususnya pada isolator polimer.

Sudut kontak hidrofobik

Sifat hidrofobik permukaan bahan isolasi dinotasikan dengan besarnya sudut kontak antara bahan yang terkena kontaminasi bersamaan dengan tetesan air permukaan yang mengenai bahan isolasi tersebut. Sudut kontak bahan akan menurun pada saat awal terkontaminasi, tetapi akan meningkat secara bertahap setelah sifat hidrofobik bahan telah tertransfer ke permukaan, sifat hidrofobik ini tidak berlaku untuk permukaan bahan yang bersih yang digunakan sebagai rujukan.

Besarnya sudut kontak ini akan menentukan karakteristik iso-

lator apakah isolator itu bersifat hidrofobik yang mempunyai sifat menolak air atau hidrofilik yang mempunyai sifat menyerap air. Jika sudut kontak kurang dari 30° maka bahan tersebut bersifat *hydrophilic* (bersifat basah), sudut kontak antara 30° sampai 89° disebut *partially wetted* (basah sebagian) dan jika lebih besar dari 90° bersifat *hydrophobic* (menolak air).

Bahan isolator diharapkan mempunyai sifat hidrofobik karena dengan sifat tersebut isolator akan mampu menahan tegangan baik dalam kondisi basah maupun terkontaminasi.

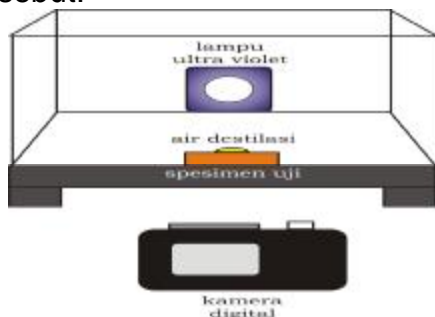
BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Sampel uji penelitian merupakan spesimen dari material *silicone rubber* dengan jenis Rhodorsil 585 RTV. Bahan uji tersebut dibentuk dalam dimensi (70 x 70 x 5) mm. Bahan pengisi berupa *alumina trihydrate (ATH)* dengan variasi mulai 10% sampai dengan 50% dari berat keseluruhan bahan. Polutan yang dipakai dalam penelitian ini adalah polutan garam Parangtritis dengan komposisi sebagai berikut $Ka^+ = 1,1$ ppm; $Na^+ = 183,3$ ppm; $Ca^{++} = 35,135$ ppm dan $Mg^{++} = 28,807$ ppm.

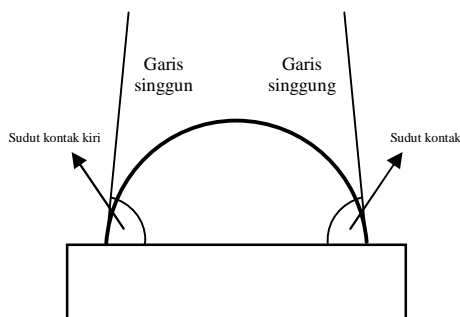
Sebelum dilakukan pengujian, specimen uji disemprot dengan polutan dan diberi perlakuan penyinaran ultraviolet (UV) selama 0-96 jam.

Sudut kontak hidrofobik dapat diukur dengan meletakkan sampel pada plat sandaran yang dapat diatur keseimbangan posisi horisontal dan ketinggiannya secara tepat. Setelah sampel dalam kondisi keseimbangan kemudian air diteteskan dari assipete ke permukaan specimen uji sebanyak 50 μ l. Pengukuran

sudut kontak hidrofobik harus mendapatkan penerangan secara tidak langsung agar tidak terjadi penguapan akibat panas yang ditimbulkan oleh lampu. Kamera yang dilengkapi dengan mikrozoom diatur untuk mendapatkan pembesaran tetesan air yang fokus. Waktu pemotretan dilakukan 2 menit setelah tetesan air di atas permukaan specimen uji. Hasil pemotretan dicetak, dan dilakukan pengukuran sudut kontak dengan membuat garis singgung pada sisi kiri dan sisi kanan dari tetesan air tersebut.



Gambar 1. Pengujian sudut kontak hidrofobik



Gambar 2. Pengukuran sudut kontak

Untuk menghitung besarnya sudut kontak dapat digunakan persamaan berikut ini:

$$\text{Sudut kontak} = \frac{\text{sudut kontak kiri} + \text{sudut kontak kanan}}{2} \dots (3)$$

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengukuran sudut kontak dilakukan di laboratorium Teknik Tegangan Tinggi melalui pengamatan langsung dengan bantuan kame-

ra digital yang dihubungkan dengan komputer. Berikut disajikan salah satu gambar hasil pemotretan sudut kontak pada specimen dengan komposisi bahan silicone rubber 80% dan ATH 20% pada penyinaran UV selama 24 jam.



Gambar 3. Sudut kontak specimen S8A2 pada penyinaran UV 24 jam

Hasil pengambilan gambar tersebut dicetak kemudian pada sisi kiri dan kanannya dibuat garis singgung sehingga dapat dilakukan pengukuran sudut kontak dengan menggunakan busur derajat. Pembuatan garis singgung sangat menentukan besar kecilnya sudut kontak hidrofobik, oleh karena itu pembuatan garis singgung ini harus dilakukan dengan teliti agar hasil yang didapatkan mempunyai tingkat validitas yang tinggi. Sudut kontak pada bagian kiri dan kanan dari hasil pengukuran kemudian dimasukkan ke persamaan 3.

Berikut ini diuraikan contoh perhitungan sudut kontak hidrofobik untuk specimen uji S8A2 dengan lama penyinaran UV selama 24 jam.

$$\text{Sudut kontak} = \frac{\text{sudut kontak kiri} + \text{sudut kontak kanan}}{2}$$

$$95 + 94$$

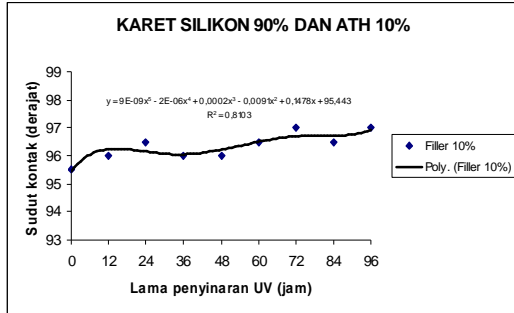
$$\text{Sudut kontak} = \frac{2}{2}$$

$$= 94,5^{\circ}$$

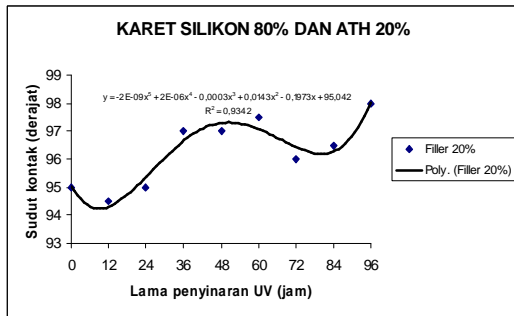
Analisis perhitungan besarnya sudut kontak hidrofobik dilakukan pada semua specimen uji. Hasil pengukuran dan perhitungan sudut kontak

hidrofobik secara lengkap dapat dilihat pada tabel 1:

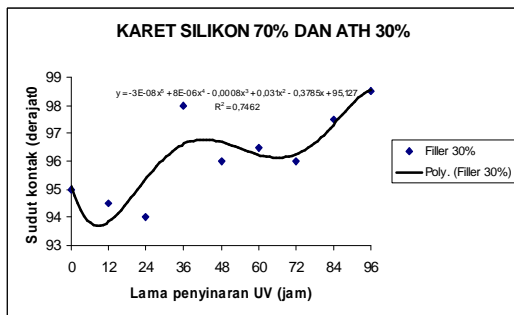
Berdasarkan data hasil perhitungan sudut kontak hidrofobik dapat disajikan grafik hubungan besarnya sudut kontak hidrofobik terhadap lamanya penyinaran ultraviolet pada specimen uji dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini:



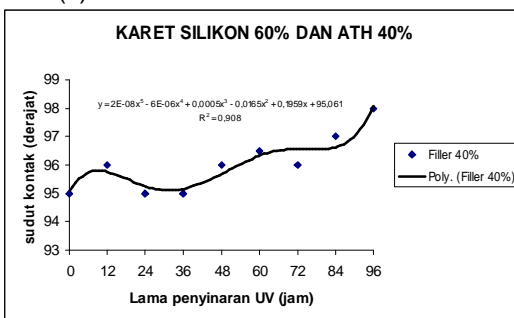
(a) karet silikon 90% dan ATH 10%



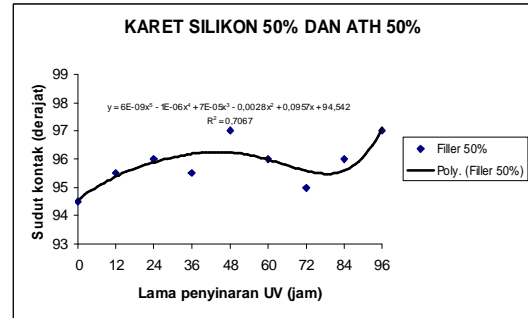
(b) karet silikon 80% dan ATH 20%



(c) karet silikon 70% dan ATH 30%



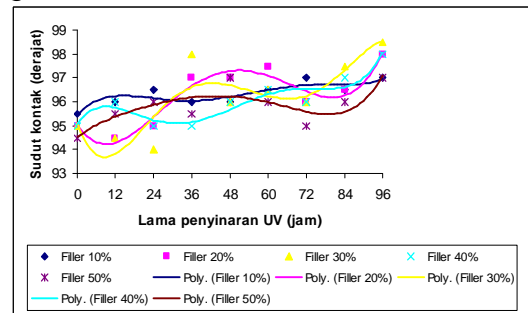
(d) karet silikon 60% dan ATH 40%



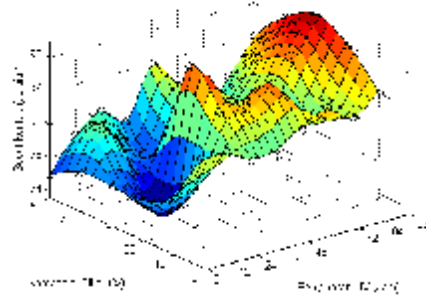
(e) karet silikon 50% dan ATH 50%

Gambar 4. Sudut kontak terhadap lama penyinaran UV

Kelima grafik pada gambar 4. tersebut digabung seperti tampak pada gambar 5 berikut ini:



Gambar 5 Sudut kontak terhadap lama penyinaran UV pada semua filler



Gambar 6 Grafik tiga dimensi hubungan sudut kontak terhadap lama penyinaran UV pada semua filler

Berdasarkan grafik pada gambar 5 dan 6 dapat dilihat bahwa lamanya penyinaran ultraviolet pada semua filler tidak selalu berpengaruh terhadap kenaikan sudut kontak hidrofobik. Hal ini kemungkinan disebabkan karena pada proses pencetakan bahan sangat sulit untuk mendapatkan campuran yang benar-benar homogen. Kemungkinan yang

lain adalah void yang sulit dihilangkan dan penyemprotan polutan.

Jika grafik tersebut dilihat berdasarkan kecenderungannya maka terlihat jelas bahwa lamanya penyinaran ultraviolet akan menyebabkan kenaikan sudut kontak hidrofobik. Kecenderungan ini disebabkan oleh pengaruh sinar ultraviolet yang menyebabkan bertambahnya kemampuan permukaan bahan isolator untuk menolak air dan menahan tegangan.

Berdasarkan uraian di atas maka lamanya penyinaran ultraviolet berkontribusi terhadap kenaikan sudut kontak hidrofobik pada permukaan isolator yang terkontaminasi.

PENUTUP

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa prosentase filler mempunyai pengaruh terhadap penurunan sudut kontak hidrofobik, hal ini disebabkan karena bahan dasar silicone rubber mempunyai sifat tolak air yang lebih baik dibandingkan dengan bahan pengisinya yang berupa ATH,

Lamanya penyinaran UV akan mempengaruhi besarnya sudut kontak hidrofobik, hal ini disebabkan oleh pengaruh sinar ultraviolet yang menyebabkan bertambahnya kemampuan permukaan bahan isolator untuk menolak air dan menahan tegangan.

Bahan dasar silicone rubber sangat sesuai digunakan sebagai bahan isolator pasangan luar, hal ini disebabkan silicone rubber mempunyai sifat tolak air yang sangat tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Cherney E.A., 1984, "The AC Clean Fog for Contaminated Insulators", IEEE Transaction on Power Apparatus and System", Vol Pas 103 No.4 April
- Latif, 2005, "Unjuk Kerja Permukaan Isolator pasangan Luar Polimer Epxy Resin 20 KV pada Berbagai Kondisi Lingkungan", Seminar Nasional Teknik Ketenagalistrikan 2005 B 16-19, UNDIP
- Kahar N., Y., dan Sirait K.T., 1999, "Kajian Awal Tentang Kemungkinan Penggunaan Epoksi Sikloalifatik Tuang (EST) Sebagai Material Isolasi tegangan Tinggi di Indonesia", Seminar Nasional dan Workshop Teknik Tegangan Tinggi II, pp D.2.1-D.2.6, UGM, Yogyakarta
- Mizuno, Y., et al., 1997, "Effect of Climate conditions on Contamination Flashover Voltage of Insulators", IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.4, No.3, 286-289
- Sirait K.T., Salama, Suwarno, 1998, "The Effect Natural Tropical Climate to the Surface Properties of Silicone Rubber", Proceeding of 1998 Asia International the Conference on Dielectric and Electrical Insulation in the 30th Symposium on Electrical Insulating Materials, pp.453-456 Toyohashi Japan.

| Type sampel | Filler (%) | Sudut Kontak | Sudut Kontak | Rerata sudut kontak | Lama |
|-------------|------------|----------------|-----------------|----------------------|---------------------|
| | | Kiri (derajat) | Kanan (derajat) | hidrofobik (derajat) | Penyinaran UV (jam) |
| S9A1 | 10 | 96 | 95 | 95,5 | |
| S8A2 | 20 | 95 | 95 | 95 | |
| S7A3 | 30 | 95 | 95 | 95 | 0 |
| S6A4 | 40 | 95 | 95 | 95 | |
| S5A5 | 50 | 94 | 95 | 94,5 | |
| | | | | | |
| S9A1 | 10 | 96 | 96 | 96 | |
| S8A2 | 20 | 95 | 94 | 94,5 | |
| S7A3 | 30 | 95 | 94 | 94,5 | 12 |
| S6A4 | 40 | 96 | 96 | 96 | |
| S5A5 | 50 | 96 | 95 | 95,5 | |
| | | | | | |
| S9A1 | 10 | 96 | 97 | 96,5 | |
| S8A2 | 20 | 95 | 95 | 95 | |
| S7A3 | 30 | 94 | 94 | 94 | 24 |
| S6A4 | 40 | 95 | 95 | 95 | |
| S5A5 | 50 | 96 | 96 | 96 | |
| | | | | | |
| S9A1 | 10 | 96 | 96 | 96 | |
| S8A2 | 20 | 97 | 97 | 97 | |
| S7A3 | 30 | 98 | 98 | 98 | 36 |
| S6A4 | 40 | 95 | 95 | 95 | |
| S5A5 | 50 | 96 | 95 | 95,5 | |
| | | | | | |
| S9A1 | 10 | 96 | 96 | 96 | |
| S8A2 | 20 | 97 | 97 | 97 | |
| S7A3 | 30 | 96 | 96 | 96 | 48 |
| S6A4 | 40 | 96 | 96 | 96 | |
| S5A5 | 50 | 97 | 97 | 97 | |
| | | | | | |
| S9A1 | 10 | 97 | 96 | 96,5 | |
| S8A2 | 20 | 97 | 98 | 97,5 | |
| S7A3 | 30 | 96 | 97 | 96,5 | 60 |
| S6A4 | 40 | 96 | 97 | 96,5 | |
| S5A5 | 50 | 96 | 96 | 96 | |
| | | | | | |
| S9A1 | 10 | 97 | 97 | 97 | |
| S8A2 | 20 | 96 | 96 | 96 | |
| S7A3 | 30 | 96 | 96 | 96 | 72 |
| S6A4 | 40 | 96 | 96 | 96 | |
| S5A5 | 50 | 95 | 95 | 95 | |
| | | | | | |
| S9A1 | 10 | 96 | 97 | 96,5 | |
| S8A2 | 20 | 96 | 97 | 96,5 | |
| S7A3 | 30 | 98 | 97 | 97,5 | 84 |
| S6A4 | 40 | 97 | 97 | 97 | |
| S5A5 | 50 | 96 | 96 | 96 | |
| | | | | | |
| S9A1 | 10 | 97 | 97 | 97 | |
| S8A2 | 20 | 98 | 98 | 98 | |
| S7A3 | 30 | 98 | 99 | 98,5 | 96 |
| S6A4 | 40 | 98 | 98 | 98 | |
| S5A5 | 50 | 98 | 96 | 97 | |
| | | | | | |

RIWAYAT PENULIS

Nurhening Yuniarti, lahir di Bantul tanggal 9 Juni 1975. Penulis adalah dosen tetap di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Penulis menyelesaikan pendidikan terakhir di Universitas Gadjah Mada dengan mengambil Jurusan Teknik Elektro bidang Sistem Tenaga Listrik pada tahun 2006.

A.N. Afandi, lahir di Malang tahun 1975. Menamatkan pendidikan sarjana teknik elektro bidang sistem tenaga listrik di Universitas Brawijaya pertengahan tahun 1997, dan menyelesaikan studi master bidang sistem tenaga listrik di Universitas Gadjah Mada awal tahun 2006 dengan pendalaman aplikasi kontrol untuk stabilitas sistem. Penulis pernah bekerja sebagai *instructor* dan *engineering consultant*, pernah juga menjadi wartawan. Selain itu penulis pernah menjadi kepala Laboratorium Sistem Kontrol & Elektronika Daya dan kepala laboratorium Listrik Dasar & Konversi Energi di Universitas Gajayana Malang. Disamping itu penulis juga pernah bekerja sebagai pengembang laboratirum PLC & Sistem Kontrol di AKPRIND Jogjakarta. Saat ini penulis aktif mengajar di Teknik Elektro Universitas Negeri Malang, selain itu menjadi dosen tamu di Teknologi Sistem Informasi Politeknik Negeri Malang dan menjadi dosen tamu di Teknik Elektro Antarbidang Universitas Wisnuwardhana Malang.